

A büntetőeljárásban alkalmazható agyi ujjnyomat (brain fingerprinting) vallomás-ellenőrzési módszer, és annak neurobiológiai alapja, a P300 agyhullám¹

CZOBOR Pál – KAKUSZI Brigitta – FANTOLY Zsanett – BITTER István – BUDAHÁZI Árpád²

A tanulmány célja a brain fingerprinting (agy ujjnyomat) módszerének áttekintése, és a módszer potenciális alkalmazási lehetőségeinek, illetve felmerülő problémáinak bemutatása az emberi agyban elrejtett információ (azaz elrejtett agyi emlényok) feltárása területén. Munkánkban bemutatjuk a brain fingerprinting módszer alapjául szolgáló agyhullám, a P300 legfőbb jellemzőit, és áttekintjük, hogy ezek a jellemzők miként teszik lehetővé, hogy a P300 potenciál segítségével elrejtett memóriatartalmat (azaz elrejtett információt) detektáljunk.

Kulcsszavak: agyi ujjnyomat, brain fingerprinting, P300, CIT, feszültségcsúszást, műszeres vallomás-ellenőrzés

A műszeres vallomás-ellenőrzés számára a 2018. július 1-jén hatályba lépő büntetőeljárási kódex³ új lehetőségeket teremt, mivel a törvény alapján a poligráf mellett más műszerek is alkalmazhatók a magyar büntetőügyekben. Jelen tanulmány egy

¹ A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 azonosítószámú, „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű kiemelt projekt keretében működtetett Ludovika Kutatócsoport keretében, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem felkérésére készült.

² CZOBOR Pál dr., PhD, egyetemi docens, tudományos igazgató, SE Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika
Pál CZOBOR, dr., PhD, associate professor, Director of Science, Semmelweis University, Department of Psychiatry and Psychotherapy
orcid.org/0000-0002-6361-8006; czobor.pal@med.semmelweis-univ.hu
KAKUSZI Brigitta, kutató, SE Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika
Brigitta KAKUSZI, research scientist, Semmelweis University, Department of Psychiatry and Psychotherapy
orcid.org/0000-0002-9102-4096; kakuszi.brigitta@med.semmelweis-univ.hu
FANTOLY Zsanett prof. dr., tanszékvezető egyetemi tanár, NKE Rendészettudományi Kar, Bűnügyi Tudományok Intézete, Büntetőeljárásjogi Tanszék
Zsanett FANTOLY prof. dr., head of department, NUPS Faculty of Law Enforcement, Institute of Criminal Sciences, Department of Criminal Procedure Law
orcid.org/0000-0003-1016-0377; fantoly.zsanett@uni-nke.hu
BITTER István prof. dr., Dsc, egyetemi tanár, SE Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika
István BITTER prof. dr., Dsc., professor, Semmelweis University, Department of Psychiatry and Psychotherapy, orcid.org/0000-0002-9464-4709; bitter.istvan@med.semmelweis-univ.hu
BUDAHÁZI Árpád dr., PhD, r. őrnagy, adjunktus, NKE Rendészettudományi Kar, Bűnügyi Tudományok Intézete, Büntetőeljárásjogi Tanszék
Árpád BUDAHÁZI dr., PhD, police major, senior lecturer, NUPS Faculty of Law Enforcement, Institute of Criminal Sciences, Department of Criminal Procedure Law
orcid.org/0000-0003-0092-3860; budahazi.arpad@uni-nke.hu

³ 2017. évi XC. törvény a büntetőeljárásról.

olyan hazugságvizsgálati módszert mutat be, amely idővel ugyanúgy részévé válhat a nyomozásnak, mint például a világszerte elterjedt poligráf. A brain fingerprinting módszer szülőhazája ugyancsak az Amerikai Egyesült Államok, ahol amellet, hogy több ügyben is eredményesen alkalmazták, tudományos vita is folyik róla, hiszen igénybevétele – a poligráfós vizsgálathoz hasonlóan – nemcsak jogi, hanem etikai aggályokat is felvet. A tanulmány célja az agyi ujjnyomat módszer átfogó bemutatása.

Az agyi ujjnyomat teszt neurobiológiai alapjai: az elektroenkefalogram (EEG) és a P300 agyhullám

Az agy elektromos tevékenységének vizsgálata az elektroenkefalográfia. Az elektroenkefalográfiás vizsgálat során, ha a fejbőrre egy elektródát helyezünk és összekötjük ezt az elektródát a fej egy elektromosan (viszonylag) semleges területével (például a fülcimpával), akkor egy időben folyamatosan változó elektromos feszültség ingadozást tudunk regisztrálni. Ez a feszültség ingadozás a nyugalmi helyzetben rögzített úgynevezett spontán elektroenkefalogram. A spontán EEG, az agyi idegsejtek milliárdjaiból származó elektromos aktivitások összege. Ez mindig „ott van” az agyban, és a klinikai gyakorlatban általában sok, esetleg több száz érzékelő segítségével a fejbőről regisztrálják. A spontán EEG-jel mintegy 75 μV -os nagyságrendű feszültség ingadozásként vezethető el a fejbőrre helyezett elektródákkal.

Ha az EEG-vizsgálat közben a vizsgált személyt egy külső inger éri, például egy fényinger vagy egy hanginger, akkor a spontán EEG-ben egy 1-2 másodpercig tartó „hullámsorozat” indul el. Ez a hullámsorozat képezi a spontán EEG-n kívül az EEG-jelek egy másik nagy csoportját: az eseménykapcsolt potenciálokat (*Event Related Potentials* – *ERP*), amelyekre a szakirodalomban gyakran kiváltott potenciál vagy kiváltott válasz néven is hivatkoznak. A kiváltott potenciálok a szervezetet erő ingerek szenzoros vagy kognitív feldolgozási folyamatainak megértése szempontjából hatalmas jelentőséggel bírnak. Ezeknek az agyi jeleknek a vizsgálata azonban meglehetősen komoly technikai problémákat vet fel, mivel az ERP-„hullámok” általában sokkal kisebb amplitúdójúak (2–20 μV) mint a spontán EEG, ezért ezek legtöbbször a nyugalmi aktivitásba beleolvadva jelennek meg. Ahhoz, hogy az ERP-agyhullámokat a spontán EEG-ből kiemeljük és jól vizsgálhatóvá tegyük az úgynevezett „jel/zaj viszony” javítására van szükség. Ezt a gyakorlatban az átlagolási technika segítségével érik el. Nevezetesen, az ingereket többször megismétlik, és az ingerekre kapott egyes agyhullámválaszokat („egyedi válaszok” vagy „single trial” kiváltott válaszok) összeátlagolják. Ennek következtében a spontán EEG – amely az ingerekre adott válaszok tekintetében háttérzajnak tekinthető – „kiátlagolódik” (értéke az átlagolás után nullához közeledik). Ezzel szemben az ingerekre adott agyi válasz mintegy „felerosődik”, a háttér EEG-ből kiemelkedik.

Az eseménykapcsolt kiváltott potenciálok egyik fontos komponense – amely az agyi ujjnyomat szempontjából alapvető jelentőségű – a P300 agyhullám. A P300

hullámot 1965-ben Sutton és munkatársai írták le.⁴ Fenti szerzők vizsgálatukban a vizsgált személyeknek magas és mély hangokat prezentáltak random sorrendben 8 : 2 arányban, és azt az utasítást adták, hogy a ritkán megjelenő hangokat számolják. Azt tapasztalták, hogy a ritka hangok hatására a P300 agyhullám mindig „kiváltódott”, függetlenül attól, hogy a magas vagy mély hang volt a ritka inger. Ezt a vizsgálati helyzetet, amelyben egy megszokott ingersorozat közé, a sorozattól valamilyen szempontból eltérő ingereket illesztnek, angol szakszóval „oddball” paradigmának (magyarul: „kakukktójás”-paradigma) nevezik. A P300 elnevezés pedig onnan származik, hogy ez az agyhullám pozitív amplitúdójú (innen a P), és az inger prezentálása után mintegy 300 ezredmásodperc késéssel jelenik meg (és tipikusan még több száz ezredmásodpercig tart). Későbbi kutatások során kiderítették, hogy a P300 hullám amplitúdója a középiloni parietális, centrális és frontális agyterületeken a legnagyobb, továbbá az inger „ritkaságával” és az inger szubjektív jelentésével, „értelmességével” arányosan nő. Bizonyos ingerek „önmagukban is értelmesek” lehetnek, például a saját magunkra vonatkozó információk, nevek, születésnapok, telefonszámok vagy bűnelkövetésre vonatkozó részletek. Más esetben egy adott ingert „értelmessé” lehet tenni a vizsgált személy számára azzal, hogy egy feladattal társítjuk (például egy elrejtett információ feltárására irányuló vizsgálatban a feladat egy gomb megnyomása egy adott kép felvillanása esetén).

A P300 agyhullám szerepe az elrejtett memóriatartalom feltárásában

A P300 agyhullám memóriatartalom feltárására irányuló fontos mérföldkő Fabiani és munkatársainak vizsgálata.⁵ A szerzők egy szavakból álló listát tanítottak be a vizsgálatban részt vevő személyekkel, majd azután megvizsgálták az így betanult „ismerős” szavak bemutatására keletkező P300 agyhullámokat. Nevezetesen, a kutatás során a részt vevő személyeknek egyesével bemutattak egy hosszú szólistát, amely jórészt nem a betanult, hanem „új” szavakból állt. Az új szavak közé azonban véletlenszerűen, ritkán beillesztettek a memorizált „értelmes” szavak közül is egyet-egyet, és az ezután keletkező P300 agyi potenciál amplitúdóját elemezték. Azt tapasztalták, hogy a betanult, ismerős szavak P300 potenciált váltottak ki, míg a be nem tanult szavak után nem jelentkezett a P300 hullám.

Rosenfeld és munkatársai⁶ felismerték, hogy a P300 potenciál alkalmas lehet bűncselekményre vonatkozó, elrejtett információ feltárására. A szerzők alapfeltevése az volt, hogy a P300 agyhullám alkalmas lehet ismert ismerős, emlékezetben tárolt információ feltárására olyan esetben is, amikor a vizsgált személy tagadja, hogy ez az információ (például egy adott tárgy, környezet, személy) számára ismert. Ebben a kontextusban a P300 önmagában nem a hazugságot jelzi, hanem csupán az információ felismerését;

⁴ Sutton et al. (1965) 1187–1188.

⁵ Fabiani (1984)

⁶ Rosenfeld et al. (1987) 125–129.; Rosenfeld et al. (2013) 118–134.

ennek a verbális tagadása a szándékos félrevezetésre utalhat. A szerzők eredetileg az angolban a „*guilty knowledge*”, azaz „bűnös tudás” kifejezést, használták – ez azonban nem eléggé precíz, és értékítéletet tartalmaz, ezért inkább indokolható a „bűncselekményre vonatkozó” vagy „elrejtett információfeltárás” kifejezések használata.

A Rosenfeld és munkatársai által végzett laboratóriumi vizsgálat során a résztvevőknek egy szimulált bűncselekményt kellett elkövetni. A vizsgált személyek azt „tetették”, hogy egy dobozban levő 10 tárgy közül egyet elloptak. Később a tárgyak neveit egymás után egyesével bemutatták egy képernyőn a vizsgált személyeknek. A P300 potenciálok egyszerű vizuális kiértékelése alapján megállapítható volt, hogy azok a tárgyak, amelyeket a vizsgált személyek „elloptak” (azt tetették) – vagyis az úgynevezett *szondaingerek* (vagy angolul „*probe*”-ok) – 10-ből 9 személynél a P300 potenciált váltottak ki. A többi, „*irreleváns*” tárgy hatására viszont nem keletkezett P300 potenciál. Ebben a vizsgálatban alkalmaztak egy másik speciális, véletlenszerűen bemutatott ingert is (*target*, vagy magyarul „*célinger*”). Erre a vizsgált személyeknek minden megjelenéskor az „igen” kimondásával válaszolniuk kellett. A szerzők ezzel azt akarták biztosítani, hogy a vizsgált személyek a tesztelés folyamán ténylegesen figyelik a képernyőt, és így a tesztinger (szonda) bemutatását is figyelemmel kísérik. A vizsgált személynek a célingeren kívül az összes többi inger bemutatásakor nemleges választ kellett adniuk, tehát hazudniuk kellett azoknak a tárgyakkal kapcsolatban, amelyet a feladathelyzetben „elloptak”. A speciális célingerek (tárgyak) szintén előidézték a P300 potenciált, mivel ezek ritkák, és a tesztelt személyek számára jelentéssel voltak. Megjegyzendő, hogy a Rosenfeld és munkatársai által használt paradigma nagyon sok tekintetben hasonlított a *Guilty Knowledge Test* (GKT) paradigmára, amelyet Lykken fejlesztett ki,⁷ és amelyet a később a fentebb említett *Concealed Information Test* (CIT) névvel illettek (magyarul: „feszültségcsúcs-teszt”).

Rosenfeld és munkatársai vizsgálatával egyidejűleg az Egyesült Államokban egy másik kutatócsoport⁸ is felismerte a P300 által nyújtott lehetőséget az agyban „elrejtett” emlékezetnyomok detektálására. Vizsgálatukban, hasonlóan Rosenfeld és munkatársaihoz, a CIT vizsgálati paradigmát használták. Farwell és munkacsoportja a P300 agyhullámon alapuló módszert mind laboratóriumi körülmények között („*mock crime scenario*”), mind pedig tényleges bűnelkövetőkön tesztelték. Az elrejtett információ detektálása során a P300 alapuló módszer használatával a Farwell munkacsoportja ebben a korai vizsgálatban és a későbbi vizsgálatok során jó eredményekről számolt be (a specificitás és a szenzitivitás értékei általában a 90%-ot is meghaladták).⁹ Ennek a munkacsoportnak a nevéhez fűződik a „brain fingerprinting” elnevezés is. Újabb kutatásösszegző, metaanalitikus vizsgálatok alapján a P300 agyhullám az elrejtett információ feltárására irányuló CIT-tesztekben a pszichofiziológiai paraméterekhez képest (például bőrellenállás, légzés, szívritmus) nagyobb hatáserősséget biztosít.¹⁰

⁷ Lykken (1959) 629–634.

⁸ Farwell (1986)

⁹ Farwell–Donchin (1991) 531–547.; Farwell et al. (2013) 263–299.

¹⁰ Meijer et al. (2014)

Az agyi ujjnyomat módszerrel történő jeldetektálás: vizsgálati dizájn

Az agyi ujjnyomat teszt során az osztályozási CIT (feszültségcsúcs-teszt) paradigmát alkalmazzák.¹¹ Ebben a paradigmában a vizsgált személynek bemutatott ingerek három kategóriába sorolhatók: célingerek (target), szondaingerek (probe), valamint az elrejtett információ szempontjából irreleváns ingerek. Megjegyezzük, hogy az elrejtett információ szempontjából a célingerek is az irreleváns kategóriába esnek; azért tekinthetők célingereknek, mert megjelenésükkor egy specifikus válaszgombot kell megnyomni. A gyakorlatban a fenti három ingertípust két CIT vizsgálati paradigmába ágyazva szokták használni. Az egyik az osztályozási („classification”), a másik pedig az összehasonlítási („comparison”) CIT-paradigma. A vizsgált személy számára mindkét paradigmában két válaszgombot jelölnek ki: az egyiket akkor kell megnyomni, amikor a célingerek jelennek meg, míg a másik gombot akkor, amikor a szonda vagy az irreleváns inger jelenik meg.

Mindkét paradigmában az az elméleti, *a priori* hipotézis, hogy mind a célingerek, mind pedig a szondaingerek előidéznek, kiváltják az agyi P300 potenciált, míg az irreleváns ingerek hatására P300 nem keletkezik. Az összehasonlítási CIT-paradigma elemzése során még azt is feltételezik, hogy a P300 után még egy késői negatív potenciál (*late negative potential* vagy LNP) is keletkezik, amely az elrejtett memória tesztelése során a P300-hoz hasonlóan felhasználható. A szakirodalomban a P300 és késői negatív potenciál együttesére P300-MERMER-ként (*Memory and Encoding Related Multifaceted Electroencephalographic Response*) szoktak hivatkozni.¹² Megjegyezzük, hogy a P300 agyhullámok EEG-felvételi regisztrálása szempontjából a két vizsgálati paradigma megegyezik: az agyi jelek regisztrálása céljából csupán néhány EEG-érzékelő használatára kerül sor, legtöbbször a középvonali parietális EEG-érzékelőt használják.

A továbbiak a kétféle CIT-paradigmában nyert adatok feldolgozását ismertetve először az osztályozási CIT-módszert mutatjuk be, mivel ez képezi az agyi ujjnyomat-ként leírt módszer alapját, ezután pedig az összehasonlítási CIT-módszert ismertetjük.

Osztályozási CIT, az agyi ujjnyomat alapjául szolgáló vizsgálati paradigma

Ebben a vizsgálati paradigmában a P300 agyhullámok számítógépes elemzése során azt a kérdést kell eldönteni, hogy a szondaingerekre adott P300 válaszok melyik ingerkategória válaszaire hasonlítanak jobban: a célingerekkel vagy az irreleváns ingerekkel nyert P300 válaszokra.

¹¹ Farwell et al. (2014)

¹² Farwell et al. (2013) 263–299.

A számítógépes elemzés az úgynevezett „bootstrapping”-módszeren¹³ épül (ismereteink szerint a bootstrapping kifejezésnek nincs magyar megfelelője). Ez a módszer egy matematikai eljárás, az úgynevezett újramintavételezésen (angol szakirodalomban „resampling”-nak nevezik) alapul. Nevezetesen, mint azt korábban említettük, az egy-egy inger megjelenését követő agyi válaszok (a „single-trial” kiváltott válaszok) a spontán EEG alaptervékenységbe gyakorlatilag „beletemetődnek”. Ahhoz, hogy ezeket az agyi válaszokat vizsgálni tudjuk, az egyes ingereket ismételtelen kell alkalmazni, és az egyes ingerekre kapott kiváltott válaszokat összeátlagolni. Az átlagolást követően az egyes ingertípusokra – azaz a szonda, irreleváns, célingerekre – kapott átlagolt kiváltott válaszok egymással történő összehasonlítása szükséges. Az átlagolt kiváltott válaszok összehasonlítása során statisztikailag megbízható következtetést szeretnénk levonni. Ez azonban kis minták (viszonylag kevés, például szondainger bemutatása) esetén tradicionális statisztikai megközelítésekkel nem lehetséges.

A probléma megoldására az 1970-es évek végére sikerült egy a gyakorlatban jól használható matematikai eljárást, a „bootstrapping”-módszert kidolgozni.¹⁴ A bootstrapping során az egyes ingerekre kapott „single trial” kiváltott válaszokat „visszatevési mintavételezéssel” újramintavételezzük, mégpedig úgy, hogy az egyes ingertípusokból ugyanakkora elemszámú mintakészleteket (single trial kiváltott potenciál szakaszt) készítünk, mint amennyit abból az ingertípusból a vizsgálat során bemutattunk. Példaként vegyük a szondaingereket, és az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a vizsgálat során csupán egy szondaingert használtunk, és azt hatszor ismételtük. A hatszori ismétléssel kapott hat agyi választ (hat egyedi kiváltott választ) jelöljük Sz1, Sz2, Sz3, Sz4, Sz5, Sz6 címkékkel. A visszatevési mintavételezés következtében egy-egy szondainger-készletben ugyanaz az egyedi válasz hatszor is előfordulhat (például a készlet így is kinézhet: Sz1, Sz1, Sz1, Sz1, Sz1, Sz1). A gyakorlatban az újra-mintavételezési folyamatot 1000-szer megismétljük, azaz 1000 mintakészletet állítunk elő az eredeti szonda, cél és irreleváns ingerekre kapott egyedi agyi kiváltott válaszokból. Ezt az újra-mintavételezési folyamatot úgy is tekinthetjük, mintha 1000 új vizsgálatot elvégeznénk. Az eljárásról matematikailag bizonyítható, hogy a kimenetként kapott „mérések” valószínűségi eloszlása nagyon jól közelíti azt az eloszlást, amelyet akkor nyernénk, amikor a vizsgálatot ténylegesen 1000-szer elvégeznénk.

A következő elemzési lépésben mind az 1000 mintakészletben elvégezzük az átlagolást, azaz az átlagolt agyi kiváltott válaszokat mindhárom ingertípusra (szonda, cél, irreleváns) külön-külön meghatározzuk. A továbbiakban mind az 1000 mintában meghatározzuk a szondaingerek és a célingerek, valamint a szondaingerek és az irreleváns közötti hasonlóság mértékét. A P300 kiváltott agyhullám összehasonlítása során az úgynevezett „kereszt-korrelációs” megközelítést alkalmazzák, amely egyetlen számot eredményez mint hasonlósági mutatót. Ez a hasonlósági mutató a kereszt-korrelációs koefficiens, amely abszolút értékben 0 és 1 között változhat. A 0 érték azt jelenti, hogy a jelek abszolút nem hasonlítanak, míg a 1-es érték tökéletes hasonlóságot jelent.

¹³ Efron (1979) 1–26.

¹⁴ Efron (1979) 1–26.

Az agyi ujjnyomat megállapítása: döntési szabályok és megbízhatóság

A három ingertípussal nyert P300 hullámok közötti hasonlóság vizsgálata során mind az 1000 mintában meghatároztuk, hogy melyik hasonlósági mutató – a szondacélinger vagy a szondairreleváns inger közötti – a nagyobb. Ezek után az eredményeket az 1000 mintára vonatkozóan összegzik, és kiszámítják a megbízhatóság százalékos értékét. Például, ha az 1000 mintában 950 esetben a szondacélinger hasonlósági mutató nagyobb volt mint a szonda-irreleváns ingerre vonatkozó hasonlósági mutató, akkor azt a következtetést vonhatjuk le, hogy vizsgált személy P300 agyhulláma alapján az információ jelenléte a személy agyi aktivitásában 95% százalékos biztonsággal megállapítható.

A hasonlóság eldöntésére vonatkozó „végső” döntési szabály a következő: amennyiben megállapítható, hogy a szondaingerekre adott válaszok a célingerre adott válaszokra 90%-osnál nagyobb biztonsággal hasonlítanak, mint az irreleváns ingerekre akkor a teszt eredménye pozitív. Más szóval a teszt konklúziója: a szondainger által megjelenített információ a vizsgált személy agyában elérhető (azaz a teszt kimenetele „*information present*”). A fennmaradó esetekben a teszt eredményét negatívnak tekintjük (*information absent*) amennyiben megállapítható, hogy a szondaingerekre adott válaszok az irreleváns ingerekre adott válaszokra 70%-osnál nagyobb biztonsággal hasonlítanak, mint a célingerekre. Végezetül, amennyiben az összehasonlítások során egyik kritérium sem teljesül, akkor a teszt a „nem eldönthető” (*indeterminate*) végeredménnyel járt.

Összehasonlítási CIT-paradigma

Az összehasonlítási CIT-paradigma egyik leglényegesebb eltérése az osztályozási paradigmával szemben a célingerek (*targets*) szerepében kereshető.¹⁵ Ebben a paradigmában a célingerek használata csupán a figyelem folyamatos fenntartására irányul a vizsgálat során. A döntési folyamat ebben a paradigmában csupán egy összehasonlításon, a szonda és az irreleváns ingerekre kapott kiváltott válaszok összehasonlításán alapul.

A második fontos különbség, hogy ebben a paradigmában a P300 kiváltott válaszkomponensek összehasonlítása a kiváltott válaszok csúcstól csúcsig mért amplitúdóján alapul (nem pedig a jelalakok kereszt-korrelációval mért hasonlóságán, mint az osztályozási CIT-paradigmában). Az amplitúdó érték nagyságának meghatározása során „csúcstól csúcsig” (*„peak-to-peak”*) tartó amplitúdót mérik. Ez a P300 potenciál időablakában (tipikusan az inger után 300-tól 700 msec-ig) mért legnagyobb és utána következő legkisebb amplitúdóérték különbsége. A hasonlóság megbízhatóságának becslésére ennél a módszernél is újramintavételezés (*bootstrapping*) történik.

¹⁵ Rosenfeld et al. (2013) 118–134.

Ennek során meghatározzuk, hogy a szondaingerre kapott kiváltott válaszok amplitúdóértéke meghaladja-e az irreleváns ingerre kapott kiváltott válaszok amplitúdóértékét. Ezután az összes mintára vonatkozóan összegzik az eredményeket, és meghatározzák a megbízhatóság százalékos értékét. A fenti példánál maradva, ha például 1000 mintában 950 esetben a szondaingerre kapott P300 válasz amplitúdója meghaladja az irreleváns ingerekre kapott kiváltott válasz amplitúdóját, akkor azt a következtetést vonják le, hogy vizsgált személy P300 agyhulláma alapján az információ jelenléte a személy agyi aktivitásában 95%-os biztonsággal megállapítható.

A harmadik fontos különbség a döntési folyamatban, valamint a teszt által szolgáltatott lehetséges kimeneteli információban van. Abban az esetben, ha a teszt szondaingerek vonatkozásában a vizsgált újravételezett minták legalább 90%-ában nagyobb amplitúdójú P300 potenciálok eredményez, mint az irreleváns ingerek vonatkozásában, akkor a teszt konklúziója, hogy a szondainger által megjelenített információ a vizsgált személy agyában elérhető. Minden más esetben, a teszt eredménye negatív. Ez azt jelenti, hogy az összehasonlítási CIT-paradigma kétféle kimeneteli változót eredményez (azaz az információ a személy agyi aktivitásában jelen van/nincs jelen). A „nem eldönthető” (indeterminate) kategória mint kimeneti változó ebben a megközelítésben nem létezik.

Ezt a fent leírt döntési szabályt szokták leginkább ennek a módszernek a kritikájaként is említeni. Ennek alapja az, hogy a 90% alatti, azaz „információ nincs jelen” eseteket elméletileg két csoportra lehet felosztani: valid és nem valid „információ nincs jelen” típusú döntésekre. A valid „információ nincs jelen” típusú döntéseknek azokat tekinthetjük, amikor a szondaingerekkel nyert P300 kiváltott válaszok amplitúdója a minták kevesebb mint 50%-ában haladja meg az irreleváns ingerekre kapott P300 válaszok amplitúdóját. (Azaz a véletlen döntésnek megfelelő, 50% szint alatt van a pozitív döntések aránya.) A másik csoport, amelyben a szondaingerekkel nyert P300 kiváltott válaszok amplitúdója a minták több mint 50%-ában meghaladja az irreleváns ingerekre kapott válaszok amplitúdóját a nem valid „információ nincs jelen” kategóriát foglalja magába (mivel az 50%-nál nagyobb döntési valószínűség az „információ nincs jelen” döntés ellen szól).

Gyakorlati alkalmazással kapcsolatos megfontolások

Az agyi ujjnyomat módszer kifejlesztése az Egyesült Államokban történt, a módszerrel kapcsolatos legtöbb tapasztalat is az amerikai környezetben történő tesztelés során halmozódott fel. Tanulmányunk ide vonatkozó részében ezért az Egyesült Államokban felmerült problémák bemutatására az alábbiakban Meegan,¹⁶ Langleben és Moriarty,¹⁷ valamint Fox¹⁸ munkáira támaszkodunk. A felmerült problémák a legtöbb esetben általános érvényűnek tekinthetők, ezért úgy gondoljuk, hogy ezek ismertetése a jövőbeli alkal-

¹⁶ Meegan (2008) 9–20.

¹⁷ Langleben–Moriarty (2013) 222–234.

¹⁸ Fox (2008) 34–36.

mazások szempontjából hasznos lehet. A továbbiakban három tématerületet kívánunk röviden áttekinteni: potenciális jogi, etikai és gyakorlati alkalmazásbeli problémákat.

Jogi problémák

Az Egyesült Államokban a brain fingerprinting módszer alkalmazhatóságával kapcsolatosan leginkább az USA alkotmányának alkotmánykiegészítéseiben megfogalmazott alapvető jogok miatt merültek fel aggályok. Az első tíz alkotmánykiegészítésben, a „Jogok Törvényé”-ben (*Bill of Rights*) vannak azok a jogok (4., 5. és 6. alkotmánykiegészítés) megfogalmazva, amelyeknél felmerülhet, hogy sérülnek a brain fingerprinting alkalmazása során. A 4. kiegészítés arról rendelkezik, hogy az embereknek nem lehet megsérteni a megalapozatlan házkutatások és lefoglalások elleni védelmét. Az agyi alapú műszeres vallomásellenőrzéssel leginkább úgy függhet össze a 4. kiegészítésben szereplő jog sérülése, hogy a hatóság megteheti-e, hogy a gyanúsított testéből szerezzen bizonyítékot, joga van-e arra, hogy a gyanúsított vagy a tanú titkos belső gondolatvilágába behatoljon. A Legfelsőbb Bíróság (*United States Supreme Court*) ezzel kapcsolatban a *Katz v. United States* (1967) ügyben úgy foglalt állást, hogy a vizsgált személyek joggal várhatják el, hogy magánszférájukat tiszteletben tartsák, amikor a hatóság belső testi folyamataikkal kapcsolatosan szeretne információhoz jutni. A Legfelsőbb Bíróság azonban azt is kimondta, hogy az USA alkotmánnyal nem áll szemben az a gyakorlat, amely szerint gyanú és kutatási parancs esetén kényszeríteni lehet a gyanúsítottat, hogy a vérének vagy vizeletének tartalmát „felfedje”. Ebben a kontextusban az idegtudományi teszteknel is ugyanez a problémakör merül fel, azonban a brain fingerprinting vizsgálattal kapcsolatban meg kell hogy jegyezzük, egy olyan módszerről van szó, amelynek alkalmazása beleegyezéshez kötött, vagyis a szakértői vizsgálatokra jellemző kényszerjelleg nem érvényesül, mert a vizsgálat eredményességének feltétele a vizsgált személy együttműködése (követnie kell a vizsgálatvezető utasításait, nyugodtan kell ülnie, folyamatosan koncentrációra van szükség stb.) Az agyi alapú módszerekkel kapcsolatban felmerült az a kritika is, hogy ezek a tesztek a működést „testen kívülről” mérik, ez az aggály ugyanígy felmerülhetne a telefonlehallgatásnál vagy a kültérben elhelyezett hőkameráknál, amelyek segítségével gyűjtött információk szintén a „kívülről” végzett mérésen alapulnak.

Az 5. alkotmánykiegészítés is érinti a brain fingerprintinget, amely a következőképpen fogalmazza meg az önvádra kötelezés tilalmát: senkit nem lehet arra kényszeríteni, hogy büntetőügyben saját maga ellen tanúskodjék. Az 5. alkotmánykiegészítés tekintetében fontos kérdés, hogy az idegtudományi tesztek melyik kategóriába esnek: tanúvallomást eredményez vagy inkább tárgyi jellegű bizonyítékot (mint például az ujjnyom vagy a kézírás). Ezzel kapcsolatban Legfelsőbb Bíróság állásfoglalása kimondja, hogy a hazugságdetektoros tesztek, amelyeket kihallgatás során nyernek, „lényegében” tanúvallomásnak számítanak (Magyarországon nem minősül kihallgatásnak a műszeres vallomás-ellenőrzés, mivel nem a nyomozó kezeli a műszert, hanem a szaktanácsadó, aki nem jogosult kihallgatni), és nem tárgyi jellegű bizonyítéknak, mint amely látszólagos

célja az efféle vizsgálatoknak. Az önvádra kötelezés tilalma tekintetében a vizsgált személy beleegyezése jelenti a garanciát arra, hogy az alapelv ne sérüljön.

A 6. alkotmánykiegészítés értelmében büntetőügyekben a vádlottnak joga van arra, hogy ama állam és körzet elfogulatlan esküdtszéke, amelyben a bűncselekményt elkövette, gyors és nyilvános tárgyaláson bírálja el az ügyét. Ez az alkotmánykiegészítés annak garanciáját fogalmazza meg, hogy joga van a vádlottnak arra, hogy ügyét bíróság bírálja el. Ennek kapcsán felmerül az újabb probléma, hogy vajon a hazugságvizsgálati eljárások sértik-e ezt az alapvető jogot, vagyis például a brain fingerprinting esetében nem áll-e elő az a helyzet, hogy a vizsgálati eredmény a kelleténél jobban befolyásolja a bírót. Van olyan álláspont, amely szerint a hazugságvizsgálati eljárások csökkentik a bíró büntetőeljárásban betöltött szerepét. Az ellenérv a legtöbbször az, hogy az idegtudományi tesztek által szolgáltatott vizsgálati eredmény, hatását tekintve lényegesen nem különbözik attól, hogy a szakértő szakvéleményében megfogalmazza, hogy az ujjnyom a terheltől származik, vagy a szemtanú vallomást tesz. A bírónak megmarad a szerepe, ő az, aki egyenként értékeli a különböző bizonyítékokat, és az értékelés során figyelembe kell vennie például az egyes módszerek hibaszázalékát, valamint a hibázás és csalás lehetőségét is (például azt a lehetőséget, hogy egy EEG-technikus megpróbálja megmásítani a nyert adatokat). A bíróra van bízva, hogy mit fogad el bizonyítéknak, akár el is vetheti például a brain fingerprinting vizsgálati eredményét. Azt is fontos hangsúlyozni, hogy ha a vizsgálat azt az eredményt hozza, hogy a vizsgált személy birtokában van a releváns információnak, ez önmagában nem igazolja, hogy ő követte el a bűncselekményt, mert lehet, hogy nem az elkövetés által jutott az információhoz. A gyanúsított azért tagadja például, hogy ismeri az áldozat lakását, mert az áldozattal viszonyt folytatott, nem pedig azért, mert a bűncselekményt ő követte el.

Etikai problémák

A brain fingerprinting és memóriadetekciós megközelítésekkel kapcsolatban számos potenciális etikai problémát vetettek fel, a legfontosabbakat röviden áttekintjük. Az etikai problémák tárgyalása kapcsán többször felmerül az ember titkos belső magánszférájába történő behatolás problematikája. Gyakran szoktak az orwelli disztópikus államra, Óceániára (Orwell: 1984 [1949]) hivatkozni, amelyben egy gondolatrendőrség (*Thought Police*) működik, amely az emberek belső gondolataiba próbál behatolni. Óceániában azonban a gondolatrendőrségnek nem voltak eszközei, hogy az emberek agyából kiolvassa a gondolatokat. A tudomány rohamos fejlődésével azonban az idegtudományi módszerekkel szemben élnek aggodalmak.

Azonban fontos megemlíteni, hogy a brain fingerprinting módszer nagyon távol áll a gondolatolvasástól, és a vizsgálatokban használt CIT-paradigma csupán annak a felderítésre irányul, hogy a vizsgált személy rendelkezik-e a releváns (például egy adott bűncselekmény szempontjából fontos) információval. Ebből a szempontból tehát a helyzet jelentősen nem különbözik attól, mint amikor a szakértő a vizsgált személy testén talált anyagmaradvány alapján azt szeretné eldönteni, hogy a bűncselekmény helyszínén

jelen volt-e. Továbbá ebben a kontextusban a fényképezőgép-analógia is gyakran felmerül: azaz, ha vizsgált személy például a bűncselekmény elkövetésekor az elkövetés helyszínén tartózkodik, és fényképeket készít, akkor etikus-e, ennek a fényképezőgépnek és a memóriakártyán található képeknek a felhasználása.

Az önvádra kötelezés tilalma etikai és bizonyításelméleti kontextusban is felmerül. Ha a vizsgálat kötelező lenne, akkor sérülne az önvádra kötelezés tilalma, mivel az Egyesült Államokban kihallgatásként tekintenek a módszerre. Ha beleegyezéshez kötött a vizsgálat – és a vizsgálandó személy a tesztet visszautasítja – akkor a terhelt vagy a tanú jogosan aggódhat amiatt, hogy a bíróság hogyan értelmezi ezt a tényt. Még ha nem is értékelheti a bűnösség bizonyítékeként a vizsgálat nem vállalását a bíróság, könnyen előfordulhat, hogy befolyásolja az ügy végső kimenetelét, mert támadhat egy olyan gondolat a bíróban (és ez a nyomozóra is és a vádlóra is igaz lehet), hogy azért nem vállalja, mert a terhelt vagy a tanú követte el a bűncselekményt, és nem akar lepleződni.

Etikai problémák merülhetnek fel akkor is, ha a vizsgálatot nem a szándékolt célnak megfelelően használják fel (például egy másik bűncselekményre vonatkozó részletet is igyekeznek felderíteni). Ugyanígy felmerül a kényszerítés tilalmának az elve is. A neurotechnológiai megközelítéseknek ugyanis potenciálisan nagy súlya van a terheltnek és tanúnak, valamint a bírák és esküdtszéki tagok között, akik ezeknek a technológiáknak a részleteivel gyakran nincsenek tisztában. Például egy elkövető csupán a tesztelés ténye miatt is beismerő vallomást tehet, mivel azt gondolja, hogy nincs esélye arra, hogy negatív teszteredményt produkáljon. Tehát ez esetben a bíróságnak el kell döntenie, hogy a teszt elvégzése következtében tett vallomás kényszer útján született-e.

Az agyi ujjnyomat teszt bizonyítékként történő felhasználásával összefüggő problémák

A brain fingerprinting módszer Egyesült Államokban történő gyakorlati alkalmazása során megvizsgálták, hogy a teszt eredménye mennyire felel meg a bíróság által bizonyítékként való felhasználhatósági kritériumrendszernek. Ezt a kritériumrendszert, amelyet Daubert-standardoknak neveznek, az alábbiakban röviden összefoglaljuk:

1. Gyakorlatban való kipróbálás, cáfolhatóság.
2. Szakbírálatnak történő alávetés, valamint publikáció.
3. Ismert vagy potenciális hibaszázalék.
4. Működtetési standardok léte, és fenntartása.
5. Az elmélet vagy technika releváns tudományos közösség által való elfogadhatóságának mértéke ismert.
6. Az agyi ujjnyomat teszt által nyújtott eredményeket a bíróság több esetben is felhasználta bizonyítékként. Egy ismert esetben (James B. Grinder) a teszttel nyert pozitív eredmény hatására egy sorozatgyilkost sikerült azonosítani, aki a későbbiekben beismerő vallomást tett. Egy másik ismert esetben a negatív teszteredmények hatására az emberölés miatt életfogytiglani büntetését töltő

Terry Harringtont a büntetés alól felmentették. A Terry Harrington ügyben a bíróság agyi ujjnyomat tesztben használt EEG-jel, a P300 kiváltott válasz komponensre vonatkozó információt a Daubert-standardokkal összevetette, és azok egyes pontjaival kapcsolatban arra a megállapításra jutott, hogy azoknak megfelelnek. Például a szakbírálattal kapcsolatban (2. pont) megállapította, hogy a P300 hatást tesztelték, és tudományos közösségben szakbírálatnak vetették alá. Az elmélet vagy technika releváns tudományos közösség által való elfogadhatóságának mértékével kapcsolatban pedig megállapította, hogy pszichofiziológiával foglalkozó szakemberek körében a konszenzus van arra vonatkozóan, hogy a P300 hatás valid.

Milyen területeken alkalmazzák a brain fingerprinting vizsgálatot?

Az alábbiakban röviden felsorolva áttekintjük, hogy a brain fingerprinting paradigmát milyen, a jelen tanulmány szempontjából releváns területeken használták az eddigiekben.¹⁹

Laboratóriumi körülmények között. A felhasználási területek között jelentős arányban találjuk a laboratóriumi körülmények között folytatott vizsgálatokat, amelyeket nem ritkán forenzikus alapkutatási céllal folytatnak. Ennek során a vizsgált személyek valamilyen bűncselekményt „betanulnak”, az elkövetést laboratóriumi körülmények között szimulálják, majd a bűncselekmény körülményeire vonatkozó bizonyos ismereteket letagadnak, megpróbálják elrejtteni.

1. Terepen, azaz valódi életből származó problémák vizsgálata során, amelyeket az Egyesült Államokban végeztek, és amelyek közül néhányat az alábbiakban említünk.
2. Adott személyek bizonyos életeseményeinek felderítése. Például a CIA valós élet vizsgálatban (*CIA Real Life Study*), CIA ügynökök életeseményeinek bizonyos specifikus részleteivel kapcsolatban próbáltak meg információt nyerni.
 - A börtönbüntetésüket töltő elkövetőkön végzett vizsgálat („*Real Crime Real Consequences \$100,000 Reward Study*”). Ebben a vizsgálatban további bűnelkövetéssel kapcsolatban próbáltak releváns információhoz jutni.
 - FBI-ügynökökön végzett specifikus szűrővizsgálat („*FBI Agent Study*”). A cél annak kiderítése, hogy egy adott FBI-ügynök rendelkezik-e bizonyos információval, amely a nagyközönség számára nem ismert.
 - Bombakészítésre vonatkozó szűrővizsgálat („*Bomb Maker Study*”). Ez olyan szűrővizsgálat, amely annak a kiderítésére irányult, hogy a vizsgált személyek rendelkeznek-e kiterjedt tapasztalattal a házi készítésű robbanóeszközök (*Improved Explosive Devices – IED*) bizonyos vonatkozásai tekintetében (például gyártás, felrobbantás, hatástalanítás, megsemmisítés).

¹⁹ Farwell et al. (2013) 263–299.; Farwell et al. (2014) 410.

A brain fingerprinting teszt alkalmazási standardjai

A brain fingerprinting teszt gyakorlatban való alkalmazása során az eredmények validitása szempontjából bizonyos alkalmazási standardok betartása rendkívül lényeges. A módszer kidolgozói a legfontosabb alkalmazási standardokat összesen 20 pontban foglalták össze.²⁰ Ezek technikai jellege miatt a módszerrel kapcsolatos „működtetési” körülmények érzékeltetésére jelen tanulmányban csupán néhány ilyen standardot emelünk ki. A felsorolt standardok közül az első kettő a szorosan vett technikai működési körülmények specifikációjával foglalkozik, azaz előírja, hogy a használt műszer, EEG-technológia és módszertan a szakma standardjainak megfelel (például, az EEG-elektrodákat a fejbőrön a megfelelő területeken helyezik el, a P300 potenciál vizsgálatát megfelelő időablakban végezzük – például az inger után 300 msec-től kezdődően). A további 3. alkalmazási feltétel előírja, hogy a módszer csak akkor alkalmazható, amikor elegendő olyan információ áll rendelkezésre, amelyet csak az elkövető és a vizsgáló ismer, valamint minimum 6 szonda és célinger rendelkezésre áll. A 4. alkalmazási feltétel ugyancsak a rendelkezésre álló tesztanyag fontosságát hangsúlyozza. Előírja, hogy olyan ingereket kell alkalmazni, amelyek a kritikus változót „izolálják”. Például a vizsgált helyzet szempontjából rendkívüli jelentőséggel bír, hogy a szondaingert a potenciális bűnelkövető ismerje. Ennek érdekében a vizsgálati szakaszban a vizsgálatot végző személytől szükséges olyan releváns információt nyerni, amely alkalmas arra, hogy segítségével egy szondaingerkészletet elő lehet állítani.

Összefoglalás

Az agyi ujjnyomat teszt megfelelő kontextusba helyezése érdekében fontos röviden áttekintenünk, hogy a teszt eredményeként milyen információt nyerhetünk (és milyen információt nem). Tételszerűen felsorolva elmondható, hogy a teszt segítségével nem nyerhetünk információt a következőkre vonatkozóan: bűnelkövetés, ártatlanság, becsületesség, félrevezetés, hazugság, illetve bizonyos cselekedet elkövetése vagy el nem követése. Ezzel szemben adatot nyerhetünk, bizonyos információk meglétéről (az információ a vizsgált személy rendelkezésére áll) vagy hiányáról, vagy arról, hogy ilyen információ meglétére vagy hiányára a teszt alapján nem lehet következtetést levonni.

Végezetül, lényeges kiemelni, hogy az eddigi adatok alapján, téves pozitív eredmény (azaz amikor egy „ártatlan” személy a teszten pozitív eredményt mutat), viszonylag ritkán fordul elő. Mivel azonban a tesztelés során egy ártatlan személy is mutathat pozitív teszteredményt, ezért nagyon fontos, hogy a brain fingerprinting teszt eredményeit mindig együttesen értékeljük az elérhető összes többi adattal. A pozitív eredményre ezért inkább úgy kell tekintenünk, mint ami konzisztens a bűnelkövetéssel, de nem jelent bizonyítékot a bűn elkövetésére. A módszerrel nyert eddigi tapasztalatok alapján téves negatív teszteredmények gyakrabban fordulnak elő. Mivel a büntetőjogi

²⁰ Farwell et al. (2014) 410.

rendszer erősen arra az elvre épül, hogy egy ártatlan személy elítélése (téves pozitív hiba) rosszabb, mint egy bűnös személy felmentése, a módszer forenzikus eszközként jelentős potenciállal rendelkezik.

IRODALOMJEGYZÉK

- Efron, Bradley (1979): Bootstrap methods: another look at the jackknife. *The Annals of Statistics*, Vol. 7. No. 1.
- Fabiani, Monica – Karis, Demetrios – Donchin, Emanuel (1984): P300 and memory: individual differences in the von Restorff effect. *Cognitive Psychology*, Vol. 16. No. 2. 177–216.
- Farwell, Lawrence A. – Donchin, Emanuel (1991): The truth will out: interrogative polygraphy („lie detection”) with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, Vol. 28. No. 5. 531–547.
- Farwell, Lawrence A. – Richardson, Drew C. – Richardson, Graham M. (2013): Brain fingerprinting field studies comparing P300-MERMER and P300 brainwave responses in the detection of concealed information. *Cognitive Neurodynamics*, Vol. 7. No. 4. 263–299.
- Farwell, Lawrence A. – Richardson, Drew C. – Richardson, Graham M. – Furedy, John J. (2014): Brain fingerprinting classification concealed information test detects US Navy military medical information with P300. *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 8. Article 410.
- Farwell, Lawrence A. (1986): The brain detector: P300 in the detection of deception. *Psychophysiology*, Vol. 24.
- Fox, Dov (2008): Brain imaging and the Bill of Rights: memory detection technologies and American criminal justice. *The American Journal of Bioethics*, Vol. 8. No. 1. 34–36.
- Langleben, Daniel D. – Moriarty, Jane C. (2013): Using Brain Imaging for Lie Detection: Where Science, Law and Research Policy Collide. *Psychol Public Policy Law*, Vol. 19. No. 2. 222–234.
- Lykken, David T. (1959): Properties of electrodes used in electrodermal measurement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, Vol. 52. No. 5. 629–634.
- Meegan, Dan V. (2008): Neuroimaging Techniques for Memory Detection: Scientific, Ethical, and Legal Issues. *The American Journal of Bioethics*, Vol. 8. No. 1. 9–20.
- Meijer, Ewout H. – Selle, Nathalie K. – Elber, Lotem – Ben-Shakhar, Gershon (2014): Memory detection with the Concealed Information Test: a meta analysis of skin conductance, respiration, heart rate, and P300 data. *Psychophysiology*, Vol. 51. No. 9. 879–904.
- Rosenfeld, J. Peter – Hu, Xiaoqing – Labkovsky, Elena – Meixner, John – Winograd, Michael R. (2013): Review of recent studies and issues regarding the P300-based complex trial protocol for detection of concealed information. *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 90. No. 2. 118–134.
- Rosenfeld, J. Peter – Nasman, Victoria T. – Whalen, Richard – Cantwell, Brad – Mazzeri, Lisa (1987): Late vertex positivity in event-related potentials as a guilty knowledge indicator: a new method of lie detection. *International Journal of Neuroscience*, Vol. 34. No. 1-2. 125–129.
- Sutton, Samuel – Braren, Margery – Zubin, Joseph – John, E. Roy (1965): Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, Vol. 150. Article 3700.

Jogforrás

2017. évi XC. törvény a büntetőeljárásról.

ABSTRACT

Brain Fingerprinting: Its Neurobiological Underpinning, the P300 Brainwave and its Applicability in the Criminal Justice System

CZOBOR Pál - KAKUSZI Brigitta - FANTOLY Zsanett - BITTER István - BUDAHÁZI Árpád

The aim of the current article is to overview the brain fingerprinting technique, and to show the potential areas of application and limitations in the area of detection of concealed information (hidden memory traces) in the brain. We review the most prominent features of the P300 brainwave, which is at the core of the brain Fingerprinting technique. Furthermore, we overview how these features make possible to detect hidden memory contents (i.e. concealed information) by using the P300 brainwave.

Keywords: brain fingerprinting, P300, Concealed Information Test, instrumental examination of the testimony